新冠肺炎疫情影响下区域产业网络风险传导效应研究

张　欣[1*]，郁佳亮[1]，IRENA Vodenska[2]

(1. 上海海事大学交通运输学院　上海 浦东新区　201306；2. 美国波士顿大学大都会学院　美国 波士顿　02215)

【摘要】新冠肺炎疫情的突发和快速蔓延，使我国区域产业经济面临严峻挑战。疫情导致部份产业供给中断和需求下滑，并通过产业链扩散蔓延至整个网络，极易引发系统性风险。为模拟疫情影响下区域产业供应链的风险传导效应，该文通过构建我国区域产业网络，引入网络级联失效模型，模拟湖北产业供给中断、需求下滑以及不同产业产能受限和需求下降的情况下，停产和流动性风险的传导效应。结果显示，风险的扩散呈现突变态势，存在临界时间点。临界点前风险扩散较为缓慢平稳，一旦突破临界点，则加速蔓延使整个产业网络在短时期内陷入瘫痪。不同产业在供给侧和需求端的冲击影响下，对系统性风险水平的影响具有异质性。

关　键　词　新冠疫情；　复杂经济网络；　网络级联失效；　风险传导

中图分类号　TP391; N949　　**文献标志码**　A　　doi:10.12178/1001-0548.2020092

Modeling the Impact of the COVID-19 Outbreak on Regional Industry Risk Contagion

ZHANG Xin[1*], YU Jia-liang[1], and IRENA Vodenska[2]

(1. College of Communication and Transport, Shanghai Maritime University　Pudong Shanghai　201306;
2. Metropolitan College, Boston University　Boston USA　02215)

Abstract　The outbreak and rapid spread of Covid-19 epidemic have brought severe challenges to the regional economy of China. The epidemic has led to interruptions in supply and decline in demand in some industries, causing supply chain risk spread through the industry chain to the entire network, which is very likely to trigger systemic risks. In order to simulate the risk contagion effect of the regional industrial supply chain under the influence of the epidemic, a network cascading failure model based on China's regional industrial network is proposed. We simulate the propagation of production suspension and liquidity risk in the case of unexpected interruption of supply and decline in demand in Hubei province as well as the rest part of China. The results show that risk propagation exhibits an abrupt transition with a critical time point. The risk spread is relatively slow and stable before the critical point. Once the critical point is exceeded, the accelerated spread makes the entire industrial network blackout in a short period. We also show that under the impact of supply-side and demand-side shocks, different industries have heterogeneous effects on systemic risk levels. re industrial network blackout in a short period. We also show that different industries have heterogeneous impact on systemic risk of the industry network under shocks from supply and demand side.

Key words　COVID-19;　complex economic network;　network cascade failure;　risk contagion

新冠肺炎疫情已成为新中国成立以来发生的传播速度最快、感染范围最广、防控难度最大的一次重大突发公共卫生事件。截至 2020 年 3 月 14 日，新冠肺炎疫情已波及全国 31 个省自治区、直辖市以及 126 个国家，确诊人数累计达 144 833 人，死亡人数达 5 424 人[1]。

新冠肺炎疫情对经济的冲击可归结为供给和需求两个方面[2]：1) 供给主要受劳动力不足和生产原料短缺两个因素的影响。为防控疫情，2020 年 1 月 23 日湖北采取“封城”措施，同时其他省市也实施了一定程度上的封闭管理和隔离措施。由此造成企业复工复产迟缓，有效劳动力不足。同时由于生产原料不足和交通运输受限，上游产业的产能受限，传导至下游产业，进一步加剧生产原料的短缺；2)

收稿日期：2020－02－02；修回日期：2020－04－02
基金项目：国家自然科学基金 (71601112)
作者简介：张欣 (1982－)，女，副教授，主要从事复杂网络建模、经济网络分析、网络风险方面的研究. E-mail：zhangxin@shmtu.edu.cn

需求方面的冲击主要体现在以线下消费为主的旅游、住宿、餐饮、商业零售、电影娱乐、客运交通等行业，短期内这些行业的消费将会呈现断崖式下滑。另一方面由于对疫情发展态势的忧虑，消费者对诸如房产、汽车等一些大额非必须开支需求也会出现下滑和停滞。终端产业的需求下滑，会带来整个产业链盈利下降，存货增加，并由下游产业传导至上游产业，产业链中议价能力弱、流动资金不足的企业会陷入破产倒闭的局面，进而引发整个产业链系统性流动性不足，大批企业破产倒闭的连锁反应。

新冠肺炎疫情尽管只对我国一部分产业形成短期冲击，但由于各产业门类间交织耦合的供需关系，形成复杂的网络结构，局部的冲击容易扩散蔓延至整个经济体系，导致系统性危机的发生。如果只是将疫情对经济的影响视为各类产业受到直接冲击的简单加权，忽视由于产业间关联网络结构而造成的风险溢出和放大效应，则无法准确判断疫情对经济的真正影响。

复杂经济网络是用复杂网络的方式将现实的经济系统抽象为由节点和连边构成的网络结构，用于研究经济系统的结构演化、稳健性和脆弱性、竞争与合作、组织集群行为、风险演化、技术创新扩散等问题[3-7]。风险传染效应是复杂经济网络研究的热点问题，早期的研究起源于2008年的全球金融危机，众多学者开始关注金融网络耦合结构引发的风险扩散效应以及系统性风险问题[8-10]。研究者们基于真实数据和虚拟网络构建了多种类型的经济网络，并对诸如供应链风险、流动性风险、信贷风险、经营风险、信用风险、贸易摩擦等众多具体的风险传导问题开展了研究[11-18]。

危机情景下的复杂经济网络风险传导问题集中在对焦点事件的研究上，其中较为突出的是2008年金融危机对全球金融及经济网络的影响、2010年的欧债危机[19-22]，2011年的日本“3.11”大地震[23-25]。2003年SARS危机后，国内外学者对疫情造成的经济影响开展了一系列研究，但多数研究主要通过经济统计数据的回溯和企业信心与消费者意愿的调查，对SARS带来的直接经济损失和间接经济损失进行评估，且主要以单个产业或个别区域的经济影响为主，缺乏多产业和多区域系统视角的研究。

为此，本文将复杂经济网络引入突发公共卫生事件经济影响领域，通过构建我国区域间的产业关联网络，从供给侧和需求端入手，揭示新冠疫情冲击下产业网络风险传导机理，挖掘容易引发系统性危机的高敏感产业。为疫情防控攻艰阶段，如何精准施策，将疫情对经济系统的不利影响控制在合理范围内提供依据。

1 产业网络级联失效模型

1.1 区域产业关联网络的构建

各产业门类之间具有错综复杂的关联关系，其中供需关系是最核心的。为了刻画全国不同省市各产业门类之间的供需关系，基于我国31个省(自治区、直辖市)，42个产业门类间的投入–产出表，建立区域产业关联网络。

投入产出核算是国民经济核算体系的重要组成部分，它以投入–产出表的形式反映了国民经济各部门的经济流量投入来源和使用去向。由于投入–产出表属于经济普查数据，国家统计局每5年开展一次全国范围的经济普查，目前最新的省域间投入–产出表数据为2018年4月出版的2012年中国31省区市区域间投入产出表[26]。

产业网络 $G=(V,E)$ 可表示为一个加权有向网络，节点 $V_i\in V$ 表示不同省市中各产业门类，节点间的连边 $e_{ij}\in E$ 则表示产业门类间的关联关系。构建的产业关联网络节点数为1 302，连边数为1 104 261。

研究疫情对供给侧和需求端的冲击所引发的风险传染效应，这里考虑产业网络中的两种流：生产资料的流动和资金的流动，分别用邻接矩阵 $\boldsymbol{W}$ 和 $\boldsymbol{R}$ 表示。$w_{ij}\in\boldsymbol{W}$ 表示 i 产业所生产产品用于 j 产业的生产产值；$r_{ij}\in\boldsymbol{R}$ 表示 j 产业向 i 产业销售产品的收入金额。

1.2 供应中断情景下的网络级联失效模型

一个产业的正常生产经营依赖于其上游产业产品的供给，若上游产业无法正常生产而导致供给下降或中断，由于供应链的粘性和高转换成本，轻则使该产业产能下降，重则导致产业停产。这一过程，可用网络级联失效模型来刻画。首先当节点 i 受到冲击，导致产品下一个周期的供应量下降，用 β_i^t 表示冲击强度，即 $w_{ij}^t=w_{ij}^{t-1}\beta_i^t$。由此导致 i 的指出邻居节点 j 可用于生产的供给量下降，用 γ_j^t 表示 j 节点 t 时期可用生产资料与上一期生产资料供给量的比值，即：

$$\gamma_j^t=\frac{\sum_j w_{ij}^t}{\sum_j w_{ij}^{t-1}}$$

假设每个节点对生产资料的供给量存在一个产能的阈值 P_c，当生产资料的供给量下降到阈值以

下，该节点失效，即该产业完全停工中断，其对外产品供给也降为 0，由此得到：

$$\begin{cases} \gamma_j^t \geqslant P_c & \text{有效 } \beta_j^t = \gamma_j^t \\ \gamma_j^t < P_c & \text{无效 } \beta_j^t = 0 \end{cases}$$

由于生产资料供给量的下降，进一步引起 j 节点产能下降，对外生产供给量由此下降为：

$$w_{jk}^{t+1} = w_{jk}^t \beta_j^t$$

1.3　需求下降情景下的网络级联失效模型

当一个产业受到冲击导致需求下降时，相应会减少生产资料的购买，由此影响上游产业的收入，而收入的下降则会带来进一步需求紧缩，导致更多产业收入的下降。可以用与供应中断情景下类似的网络级联失效模型来刻画。

当节点 i 受到冲击，导致该产业需求量下降，即 $r_{ij}^t = r_{ij}^{t-1}\beta_i^t$，而其指出的邻居节点 j 的收入减少，θ_j^t 表示 j 节点当期收入与上一期收入的比例。邻居节点 j 收入的减少会产生两类效应：1) 当收入低于企业盈利阈值 r_c 时，企业入不敷出，现金流发生断裂由此导致企业破产倒闭；2) 企业因盈利下降缩减生产规模，可表示为：

$$\begin{cases} \theta_j^t > r_c & \text{有效 } \beta_j^t = \theta_j^t \\ \theta_j^t < r_c & \text{无效 } \beta_j^t = 0 \end{cases}$$

j 节点生产规模的下降，由此带来 j 节点需求下降，导致上游产业收入的下滑，即：

$$r_{jk}^{t+1} = r_{jk}^t \beta_j^t$$

2　疫情影响下产业网络风险传导效应的仿真

2.1　仿真情景设置

本文主要考虑以下 4 种疫情影响情景：

1) 湖北省产业供给中断情景：湖北省作为这次新冠肺炎疫情的重灾区，区域大部份产业基本处于停工状态，且在疫情彻底结束前，无法正常复工复产。因此，在初始冲击阶段假设湖北省所有产业的投入降为 0，即 β^0=0。

2) 其他各省市产业供给受限与湖北省产业供给中断叠加情景：由于本次疫情发生于春节前夕，国家和地方政府层面为加强防控，都采取了延长春节假期的措施。同时各地区为防止输入性感染，都出台了不同程度的外地返城人员隔离举措，由此带来企业劳动力下降，产能受限的问题。针对这一情景，模拟全国各省市产业在产能下降 70%，即 β^0=0.3，并与湖北产业供给中断相叠加的情景下，全国停产产业比例随疫情持续时间的变化情况。

3) 湖北省产业需求下滑情景：受疫情影响，湖北除少数与疫情防控和居民生活保障相关的产业外，其他产业需求也急剧下滑。为此在初始冲击阶段，假设湖北省除了农林牧渔业、食品、卫生和社会服务工作、公共管理和社会保障等产业外，其他产业需求下降 70%，设置 β^0=0.3。

4) 其他各省市产业需求下滑与湖北省需求下滑叠加的情景：因疫情影响全国线下服务产业需求断崖式下滑，模拟产业的需求下降 70%，并与湖北省需求下滑叠加的情景下，全国现金流紧张产业比例随疫情持续时间的变化情况。

为衡量疫情冲击下产业网络系统性风险的变化情况，对于供给中断所带来的冲击，用整个产业网络中产能低于阈值而停工产业的比例来衡量风险传导效应。比例越高风险传导效应越强，系统性风险水平也越高；对于需求下滑带来的冲击，则采用整个产业网络中收益低于阈值而陷入流动性危机，现金流紧张的产业比例来衡量系统性风险水平。

2.2　供给中断的风险传导效应的仿真

2.2.1　湖北产业供给中断的影响

首先对于湖北产业供给中断的情景，分别设产能阈值 P_c 为 0.5、0.7、0.9，模拟期 T=150，表示疫情持续的时间的长短。图 1 表示不同的产能阈值水平下，全国停工产业的比例随疫情持续时间的变化趋势。

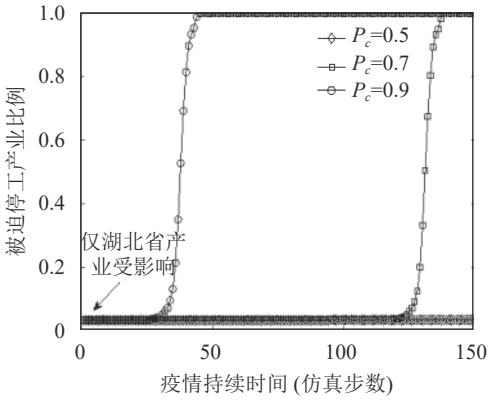

图 1　湖北省供给中断情景下停工产业比例

可以看出当 P_c=0.5 时，随着时间推移，湖北省产业供给中断带来的冲击始终局限于湖北省内产业，产能不足的风险并未扩散外溢至其他省市。但 P_c 上升至 0.7 时，供应中断风险在 118 时点开始扩散至其他省市，值得注意的是风险的扩散速度非常快，呈现陡然上升趋势，并迅速蔓延至全国所

有产业。而当 P_c=0.9 时，供给中断风险的扩散显现了类似的突变趋势，但突变发生的临界时点则提前至 25，说明阻止系统性风险发生的窗口期随着产能阈值的提高而收窄。

由此可见，产业的产能阈值和疫情持续时间极大地影响了供给中断风险的扩散。当产业产能阈值较高，即产能对于生产资料敏感性强，轻微的供给下降便会影响企业正常生产。这种情况下，湖北地区产业供给不足会在短时间内迅速扩散到全国其他省市的绝大部份产业。同时，疫情的持续时间也存在临界点，当疫情持续时间较短时，仅湖北地区产业受到影响，而当疫情持续时间超过临界点时，会发生连锁反应，风险则会迅速蔓延至其他省市，导致更多的产业陷入停滞。在 P_c=0.7 的情况下，根据各省市首次有产业被迫停工的时间，得到停产风险由湖北外溢至其他省市的路径，具体如图 2 所示。

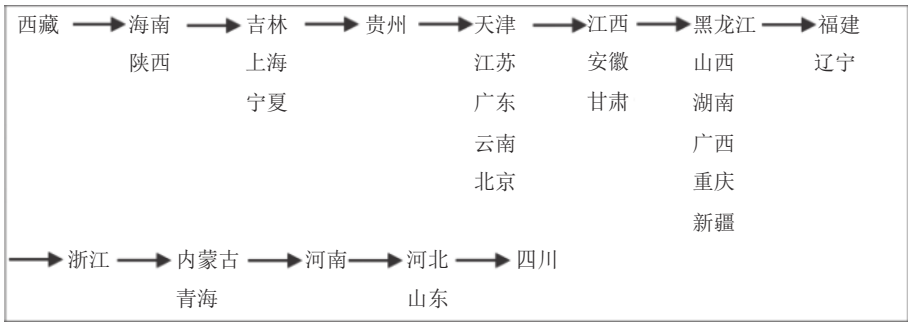

图 2　湖北产业供给中断风险溢出路径

随着疫情持续时间的加长，湖北省供给中断的风险，首先会扩散至西藏、海南、陕西，这与西藏和海南两省产业对湖北省依赖度最强有关。而陕西省与湖北省同样在汽车产业上具有优势，汽车产业供应链敏感性高，受疫情冲击大，因此率先受到波及。用湖北对各省市投入与各省市所需总投入的百分比来表示各省市对湖北省供给的依赖度，以风险溢出路径步长来表示风险溢出的先后，步长越短该省市受影响越早。图 3 给出各省市对湖北供给依赖度与风险溢出路径步长的关系。

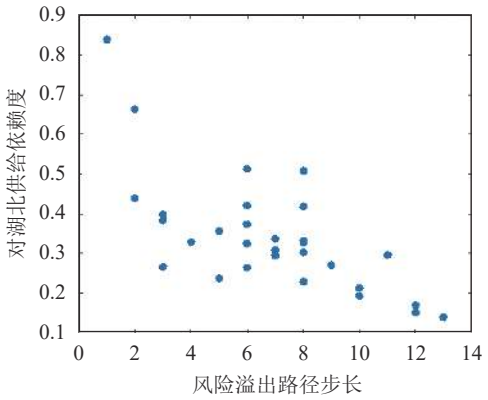

图 3　各省市对湖北需求依赖度与风险溢出步长的关系

可以看出，供给依赖度与风险溢出路径步长总体呈现负相关趋势，依赖度大的省市将率先受到影响。但由于产业网络效应的影响，这一关系并不是线性的，如重庆、新疆两地对湖北依赖度较高，但风险波及较晚，而吉林、天津对湖北依赖度较低，但风险波及较早。

2.2.2　湖北外其他省市供给下滑的影响

因疫情防控带来的有效劳动力不足，湖北省之外的其他省市产业供给能力也出现急剧下滑，尤其是外来务工人员集中的制造加工产业、资源开采业和建筑业面临突出的复工和疫情防控矛盾。图 4、图 5、图 6、图 7 分别显示了建筑业、纺织业、通信设备及电子产品制造、化学品制造 4 个代表性的行业，在产能阈值 P_c 为 0.3、0.5 和 0.7 的水平下，全国停产产业比例随疫情持续时间的变化情况。

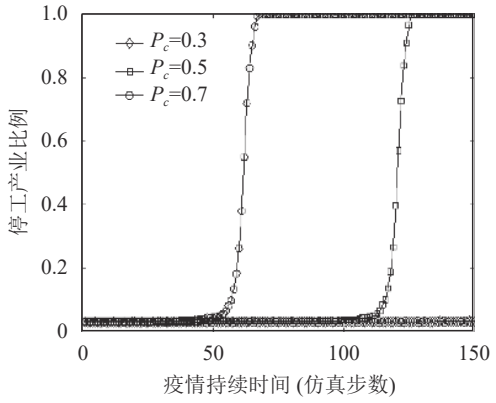

图 4　建筑业供给中断影响效应

对比可以发现，各产业在产能下降时，停产风险的扩散都会经历一段平稳期，这期间全国受影响停产的行业较少，供给中断的风险控制在局部产业。然而随着疫情持续时间的加长，一旦突破临界时点，停产行业的比例会迅速扩大，在短期内便会致使整个产业网络停产瘫痪。

同时，不同的产业门类，其临界时点各不相

同，临界时点越近表明产业敏感性越高，该产业的产能下滑对整个产业网络的系统性风险的影响越强。尽管各行业的临界时点各异，但可以发现当停产行业比例突破 20% 时，供给中断风险会迅速由少数产业扩散至整个产业网络。

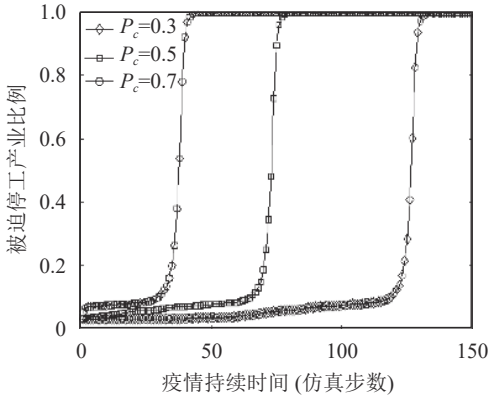

图 5　纺织业供给中断影响效应

因此，以 P_c=0.5 的情况为例，某一产业门类供给下降而导致全国停产产业比例突破 20% 发生时点作为临界时点 t_c，来比较各产业对系统性风险影响的差异。t_c 越小，则说明该行业供给下降，更容易引发全局的系统性风险，因此 t_c 可视为该产业系统性风险影响指标。图 8 对比了各产业门类在供给下降情况下的临界时点。

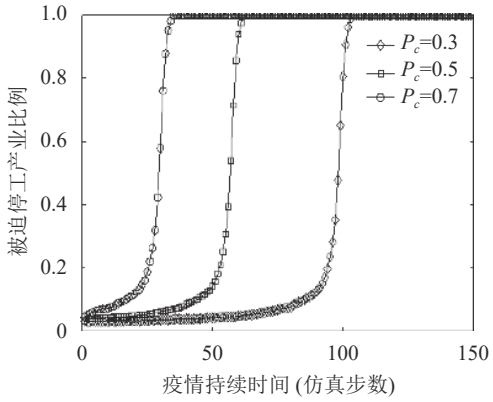

图 6　通信设备电子产品制造供给中断影响

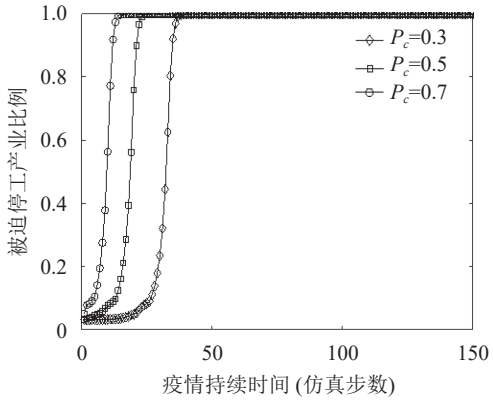

图 7　化学品制造供给中断影响

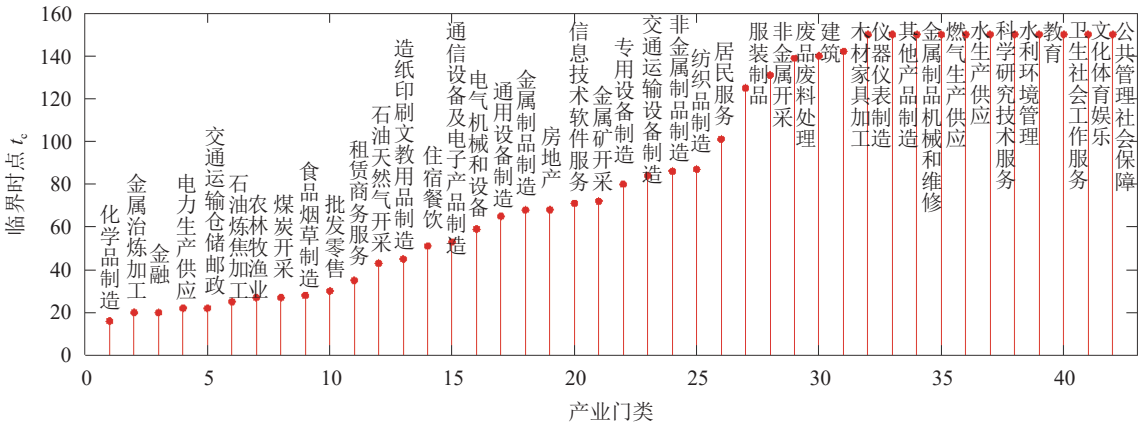

图 8　供给下降情景下各产业临界时点对比

根据 t_c 值的不同，将产业对系统性风险影响程度划分为高、中、低 3 类，如表 1 所示。

表 1　供给冲击下产业系统性风险影响程度分类

系统性风险影响程度	产业门类
系统性风险高影响产业 t_c<40	化学品制造、金属治炼加工、金融、电力生产供应、交通运输仓储邮政、石油炼焦加工、农林牧渔业、煤炭开采、食品烟草生产、批发零售、租赁和商务服务
系统性风险中影响产业 40≤t_c<100	石油及天然气开采、造纸印刷文教用品制造、住宿和餐饮、通信设备及电子产品制造、电气机械和设备制造、通用设备制造、金属制品制造、房地产、信息技术和软件服务、金属矿开采、专用设备制造、交通运输设备制造、非金属制品制造、纺织品制造、居民服务
系统性风险低影响产业 t_c≥100	服装鞋帽制品、非金属开采、废品废料处理、建筑、木材及家具加工制造、仪器仪表制造、其他产品制造、金属制品机械及维修、燃气生产及供应、水生产及供应、科学研究技术服务、水利环境管理、教育、卫生社会工作服务、文化体育娱乐、公共管理和社会保障

值得注意的是，通信设备及电子产品制造、交通运输设备制造、纺织品及服装鞋帽制品等一系列加工制造产业尽管属于中、低系统性风险影响，但这些行业的外贸依存度较高，是全球产业链关键环节，因疫情带来的复工延迟和产能受限，将极大地影响我国出口贸易。同时燃气和水生产供应两个行业，是社会生活生产的必须品，其低影响主要原因在于这两个行业供给其他行业的产值份额较低，供给下降短时期不会带来其他行业的停工风险。

2.3 需求下滑的风险传导效应的仿真

2.3.1 湖北产业需求下滑的影响

对于需求下滑带来的冲击，考虑湖北省除了农林牧渔产品、服务和卫生、社会工作、食品、公共管理和社会保障、社会组织这 4 个行业外，其他行业需求急剧下滑 50% 作为初始冲击，并分别对盈收阈值 r_c=0.5, r_c=0.7 和 r_c=0.9 时，整个产业网络的风险传导效应。图 9 显示全国产业中陷入流动性不足产业所占比例随疫情持续时间的变化情况。结果表明，在 r_c=0.5 的情况下，需求下滑导致行业流动性危机始终限于湖北省的产业，全国其他省市未受影响。但随着盈收阈值的上升，风险将溢出至湖北以外的区域。

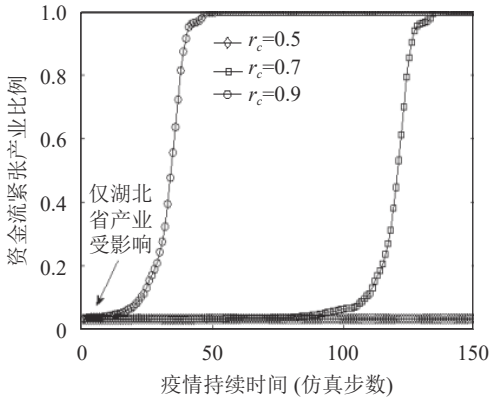

图 9 湖北省产业需求下滑情景下现金流紧张产业

而从风险扩散态势上看，需求下滑的风险蔓延在早期呈现缓慢上升态势，而当受影响产业比例突破 40% 以后，风险扩散速度明显加快，短时期便蔓延至其他省市的绝大部份产业。同时，相较湖北省产业供给中断所带来的影响，需求下滑对全国其他省市的冲击在对外风险溢出时点上明显提前，以 r_c=0.7 为例，供给中断影响其他省市产业的时点为 118，而需求下滑风险由湖北省溢出到其他省市的时点则为 34。同样考察湖北省产业需求下降，流动性风险溢出，影响其他省市的路径如图 10 所示。

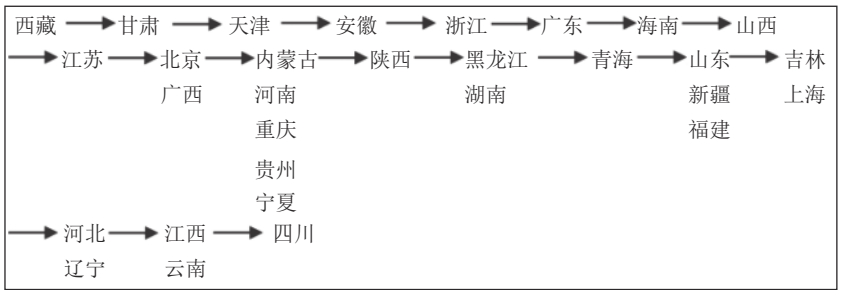

图 10 湖北产业需求下降风险溢出路径

可以看出，西藏仍是率先受到冲击的地区，说明西藏产业对外依赖性高，经济脆弱性强，而四川省无论在供给冲击还是需求下滑的情况下，都是最晚波及的省份，说明四川省与湖北的产业关联度在需求和供给上都较低，在疫情冲击下，显示了较好的产业韧性。图 11 同样比较了各省市对湖北需求依赖度和风险溢出步长的关系。

可以看出，相较供给依赖度与风险溢出步长间存在的较明显的负相关性，需求方面各省市受影响的先后与需求的依赖度相关性较弱，说明产业网络效应在需求端作用更明显。各省受影响的先后，受产业网络结构的影响更强，而并不取决于需求依赖度的大小，如浙江对湖北的需求依赖度远低于山西，但却较早受到波及。

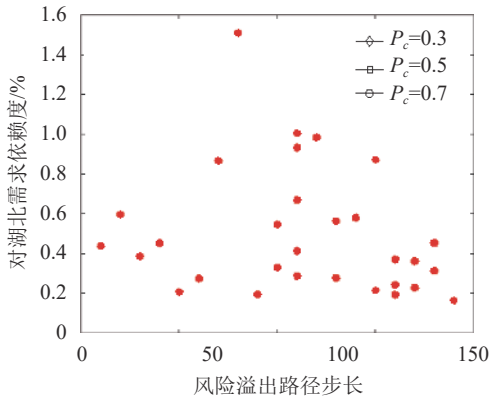

图 11 各省市对湖北需求依赖度与风险溢出路径步长的关系

2.3.2　其他省市需求下滑的影响

疫情对全国其他省市产业需求上也造成很大的冲击，受影响最大的是线下服务业和与居民非必需消费的相关产业。图 12～图 15 分别显示了受疫情影响最明显的 4 个代表性产业：批发和零售、住宿和餐饮、交通运输、仓储和邮政、房地产需求下降 70% 的情况下，全国各省市陷入现金流紧张产业比例随疫情持续时间的变化情况。

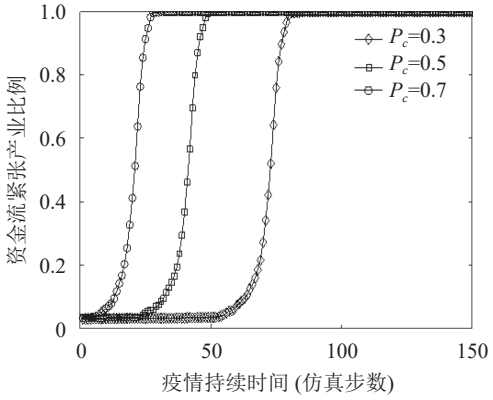

图 12　批发零售业需求下滑影响

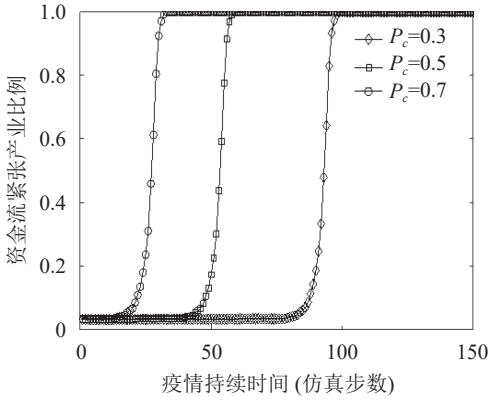

图 13　住宿餐饮需求下滑影响

可以发现不同的收益阈值下，因需求下滑带来的流动性风险扩散同样存在临界时点，当疫情持续时间超过临界时点，产业网络的稳健性会发生突变，流动性不足的风险会迅速扩散至整个网络。同时收益阈值越高，即行业经营对收益越敏感，这一系统性风险突变的临界点则越早。行业经营对收益的敏感性主要取决于企业的财务状况，高负债和低现金流储备使得企业在收益波动下容易发生资金链断裂而破产倒闭。各产业需求下滑对整个产业网络系统性风险的影响各异。同样对需求侧冲击下各产业的临界时点 t_c 进行对比分析，如图 16 所示，可以发现除了建筑业，各产业 t_c 值都大于 30，相较供给侧冲击的情况下多个产业 t_c 小于 30 的情况，需求端冲击所引发的风险扩散速度低于供给侧。

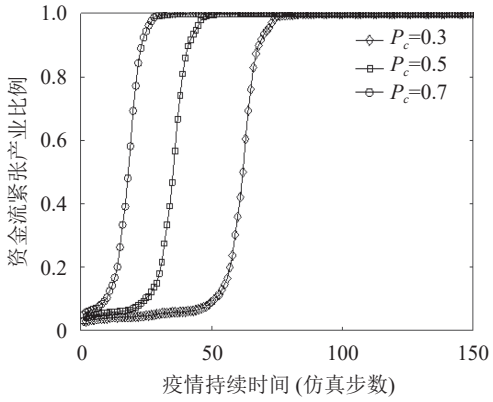

图 14　交通运输、仓储和邮政需求下滑影响

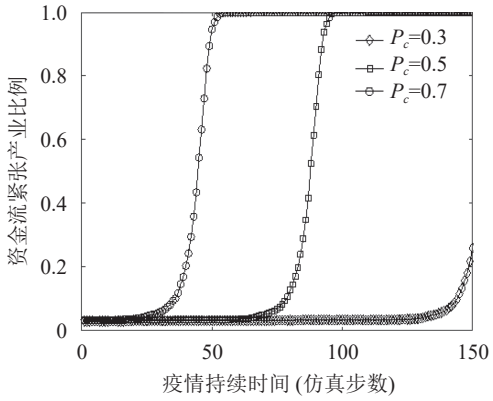

图 15　房地产需求下滑影响

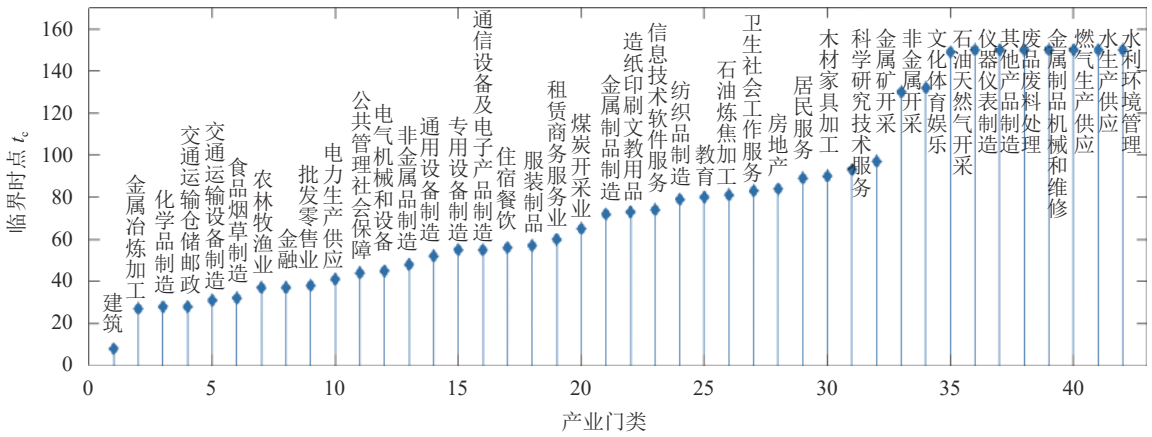

图 16　需求下滑情景下各产业临界时点对比

同时，根据 t_c 的长短划分不同行业对系统性风险的影响程度，如表 2 所示。

表 2 需求冲击下产业系统性风险影响程度分类

系统性风险影响程度	产业门类
系统性风险高影响产业t_c<40	建筑、金属冶炼加工、化学品制造、交通运输仓储邮政、交通运输设备制造、食品烟草制造、农林牧渔业、金融、批发零售、电力生产及供应
系统性风险中影响产业40≤t_c<100	公共管理和社会保障、电气机械和设备、非金属品制造、通用设备制造、专用设备制造、通信设备及电子产品制造、住宿餐饮、服装鞋帽制造、租赁及商务服务、煤炭开采业、金属制品制造、造纸印刷及文教用品、信息技术及软件服务、纺织品制造、教育、石油炼焦加工、卫生及社会工作服务、房地产、居民服务及社区工作、木材及家具加工、科学研究及技术服务、金属矿开采
系统性风险低影响产业t_c≥100	非金属矿开采、文化体育及娱乐、石油天然气开采、仪器仪表制造、燃气生产及供应、水生产及供应、水利环境管理

由临界时点的早晚来看，受疫情直接冲击，需求下滑明显的行业中，批发零售行业、交通运输和仓储业属于高系统性风险影响产业，而住宿和餐饮、租赁和商务服务则属于系统性风险影响中高产业。批发零售和住宿餐饮两个行业小微企业比例相对偏高，小微企业现金流本就紧张，加上疫情影响更容易破产倒闭，由此带来连锁效应。另外，由于疫情带来的心理涟漪效应，消费者对汽车、房产等大额非必须商品需求会放缓。来自中国汽车工业协会的统计显示 2020 年 2 月中国汽车销售量同比下降 79.1%，为近十年以来销量最低水平，钢铁产业的统计也显示，2020 年 2 月中国钢铁流通库存创 2006 年以来最高纪录。与此相关的建筑、交通运输设备制造、金属冶炼加工 3 个行业都是系统性风险高影响产业，需求的下滑更易引发产业雪崩的多米诺效应。同时计算各产业在供给端和需求端的风险重要性排序的肯德尔等级相关性系数为 0.477 4，可认为存在中度正相关。

图 17 给出了产业供给−需求风险矩阵，也可以看出供给风险重要性与需求风险重要性总体呈现明显的正相关，供给风险影响强的产业，在需求风险上也会具有较强的影响。而供给和需求风险影响不平衡的产业，可分为低供给风险−高需求风险产业，其中建筑、交通运输设备制造业、服装鞋帽业、公共管理和社会服务，其产出均较接近终端消费者的行业；低需求风险−高供给风险产业中，石油炼焦加工业、石油和天然气开采业，皆为原材料上游产业。

供给和需求风险都高的产业中，交通运输和金融业需要引起关注。交通运输行业受疫情的影响，同时面临复工困难和客运需求大幅下降，由此可见保障交通运输业的平稳有序不仅关乎疫情应对，更关乎疫情结束后经济的起稳和复苏。金融业虽然在供给侧政府已通过降低准备金率、降低利息、专项资金等措施释放流动性，但需要密切关注各地方银行和金融机构是否能真正加大市场资金供给，另一方面据统计 2020 年 2 月居民存款减少 1 200 亿元，居民贷款减少 4 133 亿元，显示个人金融需求的极剧委缩，需警剔消费意愿的疲软会进一步传导至企业盈利和金融需求的问题。

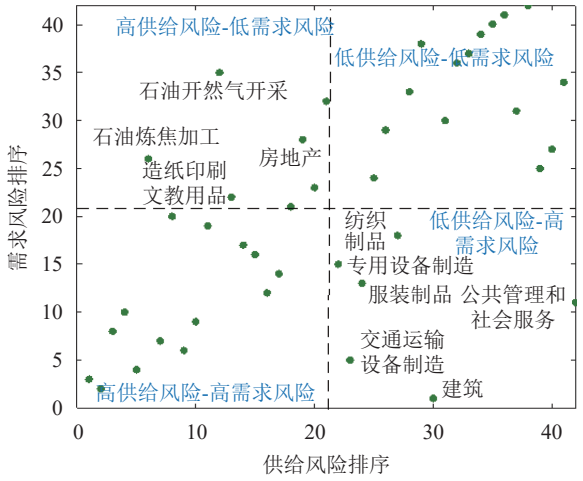

图 17 产业供给−需求风险矩阵

3 结 束 语

通过对疫情影响下我国区域产业风险传导效应的模拟，得到如下 3 点结论和建议：

1) 疫情对湖北省产业供给侧和需求端带来巨大的冲击，由此带来全国其他省市多个产业的产能受限和盈利下滑。这一风险传导效应呈现非线性突变趋势，风险扩散过程中存在临界点，初期风险扩散较为平稳，损失仅限于产业网络的局部，然而一旦突破临界点，风险扩散加速，短时期内便可蔓延至全局。疫情发生的初期，湖北重灾区的产业冲击仅影响湖北区域内的产业，不会对其他省市的产业产生严重影响，但当疫情持续时间加长并超过临界点

后，产业风险将迅速扩散，并蔓延至全国各省市的多个产业，导致产业大面积瘫痪。由此可见，与防控疫情的传播扩散一样，政府在疫情中的稳经济措施，也需要抓住黄金窗口。

2) 由于疫情防控带来的生产资料的不足和复工迟缓的压力，将导致产能不足，并扩散影响其关联产业。不同产业供给的不足，对整个产业网络的稳健性和系统性风险水平具有差异性的影响。特别是高系统性风险行业的产能不足，会导致停工风险迅速由部份产业扩散至整个产业网络，且发生突变的临界时点较短，给政府出台相关的保障生产政策带来很大挑战。提升各行业的抗风险能力，降低行业对生产资料供给的敏感性，弥补产能受限的短板，能够显著延缓系统性风险发生的时点。

3) 随着各地陆续出台针对性的复工复产措施，产能不足对产业链的影响是相对短期的，而疫情引发的产业需求断崖式下滑则将持续更长时间。需求下滑所引发的盈利下降，与行业高负债率相耦合，会引发流动性不足风险从少数产业扩散至全局。其中受疫情影响，需求直接受到冲击的行业中，交通运输与仓储邮政、批发和零售、住宿和餐饮、租赁商务服务对产业网络系统性风险的影响都较高。行业对盈利下滑的敏感性会影响产业网络发生系统性风险的临界时点，敏感性越强则临界时点越短，整个产业网络便越脆弱。因此政府适时出台稳定贷款、减免租金、减免企业税费等措施，一定程度上能够保障企业在盈利下滑情况下维持足够的流动性。

鉴于新冠疫情的传播性和影响，由于缺乏全国企业层面详实的供应链数据，本文仅考虑了我国区域经济中大的产业门类间的关联关系，无法更细化地刻画企业层面受疫情影响供应链风险的传导效应。为此，应借鉴日本的经验，依托企业商业大数据，建立我国各类型企业的供应链数据库，可用于预判各类型的突发事件对产业的冲击。其次，当冲击发生时各企业都会适时地调整经营策略，中央和地方政府也已出台相关的经济政策，未来应在风险传导机理中加入政策阻断效应和企业供应链自我修复的因素。最后，区域产业网络也不是一个封闭系统，除了供给和需求冲击两个外部因素，实际产业系统还受到投资、劳动力、进出口等多种宏观经济因素的影响，这些因素的变动可能使风险传导效应迥异，多层次耦合影响是下一步的研究方向。

参　考　文　献

[1] 丁香园. 新型冠状病毒肺炎疫情实时动态[EB/OL]. [2020-3-14]. https://ncov.dxy.cn/ncovh5/view/pneumonia.
DING Xiang-yuan. Real time dynamic of novel coronavirus pneumonia[EB/OL]. [2020-3-14]. https://ncov.dxy.cn/ncovh5/view/pneumonia.

[2] 陈锡康, 杨翠红, 鲍勤, 等. 新冠肺炎疫情对中国经济的影响分析与对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35: 1-5.
CHEN Xi-kang, YANG Cui-hong, BAO Qing, et al. Novel coronavirus pneumonia epidemic situation's influence on China's economy and countermeasures[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35: 1-5.

[3] SCHWEITZER F, FAGIOLO G, SORNETTE D, et al. Economic networks: The new challenges[J]. Science, 2009, 325(5939): 422-425.

[4] KENETT D Y, HAVLIN S. Network science: A useful tool in economics and finance[J]. Mind & Society, 2015, 14(2): 155-167.

[5] KOENIG M D, BATTISTON S. From graph theory to models of economic networks: A tutorial[J]. Networks, Topology and Dynamics, 2009, 613: 23-63.

[6] SQUARTINI T, CALDARELLI G, CIMINI G, et al. Reconstruction methods for networks: The case of economic and financial systems[J]. Physics Reports, 2018, 757: 1-47.

[7] ZHANG X, FENG L, ZHU R, et al. Applying temporal network analysis to the venture capital market[J]. The European Physical Journal B, 2015, 88(10): 260.

[8] MAY R M, LEVIN S A, SUGIHARA G. Ecology for bankers[J]. Nature, 2008, 451(7181): 893-894.

[9] 欧阳红兵, 刘晓东. 中国金融机构的系统重要性及系统性风险传染机制分析——基于复杂网络的视角[J]. 中国管理科学, 2015, 23(10): 30-37.
OUYANG Hong-bin, LIU Xiao-dong. An analysis of the systemic importance of Chinese financial institutions and the mechanism of systemic risk contagion — Based on the perspective of complex networks[J]. Chinese Journal of Management Science, 2015, 23(10): 30-37.

[10] HALDANE A G, MAY R M. Systemic risk in banking ecosystems[J]. Nature, 2011, 469(7330): 351-355.

[11] GARAS A, ARGYRAKIS P, ROZENBLAT C, et al. Worldwide spreading of economic crisis[J]. New Journal of Physics, 2010, 12(11): 113043.

[12] 石大龙, 白雪梅. 网络结构, 危机传染与系统性风险[J]. 财经问题研究, 2015, 4: 31-39.
SHI Da-long, BAI Xue-mei. Network structure, crisis contagion and systemic risk[J]. Research on Financial and Economic Issues, 2015, 4: 31-39.

[13] 张锋华, 李红刚. 基于客户–银行耦合网络的金融危机传染模型[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2013, 49(5): 534-537.
ZHANG Feng-hua, LI Hong-gang. Financial crisis contagion model based on customer bank coupling network[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2013, 49(5): 534-537.

[14] LEVY-CARCIENTE S, KENETT D Y, AVAKIAN A, et al. Dynamical macroprudential stress testing using network theory[J]. Journal of Banking & Finance, 2015, 59: 164-181.

[15] KALI R, REYES J. Financial contagion on the international trade network[J]. Economic Inquiry, 2010, 48(4): 1072-1101.

[16] BATTISTON S, GATTI D D, GALLEGATI M, et al. Credit chains and bankruptcy propagation in production networks[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2007, 31(6): 2061-2084.

[17] 范旭, 马军海, 修妍. 复杂供应链网络中的不确定性分析[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2006, 3(3): 20-25.
FAN Xu, MA Jun-hai, XIU Yan. Uncertainty analysis in complex supply chain network[J]. Complex Systems and Complexity Science, 2006, 3(3): 20-25.

[18] 吴畏, 王文旭, 樊瑛. 基于风险传染的金融网络系统风险模型[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2014(6): 668-671.
WU Wei, WANG Wen-xu, FAN Ying. Risk model of financial network system based on risk contagion[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science), 2014(6): 668-671.

[19] MARKOSE S, GIANSANTE S, SHAGHAGHI A R. 'Too interconnected to fail' financial network of US CDS market: Topological fragility and systemic risk[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2012, 83(3): 627-646.

[20] SARACCO F, DI CLEMENTE R, GABRIELLI A, et al. Detecting early signs of the 2007–2008 crisis in the world trade[J]. Scientific Reports, 2016, 6(1): 1-11.

[21] HUANG X, VODENSKA I, HAVLIN S, et al. Cascading failures in bi-partite graphs: Model for systemic risk propagation[J]. Scientific Reports, 2013, 3: 1219.

[22] GAI P, KAPADIA S. Contagion in financial networks[J]. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2010, 466(2120): 2401-2423.

[23] INOUE H, TODO Y. Firm-level propagation of shocks through supply-chain networks[J]. Nature Sustainability, 2019, 2(9): 841-847.

[24] CARVALHO V M, NIREI M, SAITO Y, et al. Supply chain disruptions: Evidence from the great east japan earthquake[J]. Columbia Business School Research Paper, 2016, 16: 1-44.

[25] KUROIWA I, KUWAMORI H. Shock transmission mechanism of the economic crisis in East Asia: An application of international input-output analysis[M]. [S.l.]: Inst of Developing Economies, Japan External Trade Organization, 2010.

[26] 刘卫东, 唐志鹏, 韩梦瑶, 等. 2012 年中国 31 省区市区域间投入产出表[M]. 北京: 中国科学出版社, 2018.
LIU Wei-dong, TANG Zhi-peng, HAN Meng-yao, et al. Regional input-output table of 31 provinces, regions and cities in China in 2012[M]. Beijing: China Science Press, 2018.

编 辑 叶 芳